

*О.В. Маслеева, Т.И. Курагина, О.Ю. Малафеев, Г.В. Пачурин*  
(Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева;  
e-mail: pachuringv@mail.ru)

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ИНТЕРЕСАХ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

*Приведены результаты исследования резервов экономии электрической энергии и снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха при модернизации систем освещения государственных образовательных учреждений.*

*Ключевые слова: образовательное учреждение, экономия электроэнергии, загрязняющие вещества, парниковые газы.*

## ***O.V. Masleeva, T.I. Kuragin, O.Yu. Malafeev, G.V. Pachurin*** **ENERGY SAVING IN THE INTERESTS OF DECREASE OF LEVEL ATMOSPHERIC AIR POLLUTION**

*The research results of reserves save electricity and decrease of level atmospheric air pollution by upgrading the lighting systems of public educational institutions was shown.*

*Key words: education, energy saving, pollutants, greenhouse gases.*

Современная энергетика, использующая в основном невозобновляемые виды топлива, оказывает вредное воздействие на окружающую среду и изменения климата, что связано с увеличением концентрации парниковых газов.

Выгоды от мероприятий по энергосбережению для окружающей среды очевидны: снижение потребления энергии приводит к сокращению выбросов загрязняющих веществ.

Среди государственных учреждений России крупнейшими потребителями электроэнергии являются образовательные учреждения (вузы, техникумы, школы, лицеи, гимназии, дошкольные и другие учреждения) [1, 2].

Результаты энергетических обследований **образовательных учреждений (ОУ)** позволили определить основные направления экономии в них электрической энергии: в системах освещения, силовых электроприёмниках, котельных, системах энергетического мониторинга.

Энергоаудит большой группы ОУ в различных регионах России показал, что расход на освещение является определяющим в общем потреблении электроэнергии и находится в пределах:

- учреждения **высшего профессионального образования (ВПО)** – от 30 до 50 %;
- учреждения **среднего и начального профессионального образования (СПО и НПО)** – от 22 до 30 %;
- **общеобразовательные учреждения (ООУ)** – от 45 до 50 %;
- **дошкольные образовательные учреждения (ДОУ)** – от 16 до 30 %.

Установлено, что в системах освещения ОУ имеются большие резервы экономии электроэнергии. Это объясняется большой долей ламп накаливания (до 20 % в учебных корпусах и до 70 % в общежитиях), старыми конструкциями люминесцентных светильников и люминесцентных ламп стандарта Т12 с мощностью ламп 20, 40 и 65 Вт.

Учитывая ограниченные средства образовательных учреждений на реконструкцию систем освещения, авторы предлагают поэтапную замену в системе освещения:

1 – замена *ламп накаливания (ЛН)* на *компактные люминесцентные лампы (КЛЛ)*;

2 – замена *люминесцентных ламп (ЛЛ)* стандарта Т12 на лампы стандарта Т8;

3 – замена электромагнитных *пускорегулирующих аппаратов (ПРА)* на электронные;

4 – замена светильников старого типа с ЛЛ стандарта Т8 на новые светильники с зеркальными отражателями и ЛЛ стандарта Т5;

5 – замена светильников с ЛЛ на светильники со светодиодными лампами.

Основными причинами замены ламп накаливания являются низкая светоотдача и малый срок службы.

В настоящее время в ОУ в большом количестве применяются электромагнитные ПРА, которые имеют большие потери. Применение ЭПРА позволяет значительно уменьшить потери мощности, увеличить световую отдачу и тем самым снизить установленную мощность ОУ, улучшив при этом качественные характеристики света.

В последние годы во многих странах активно ведется работа по разработке новых источников света – светодиодов. Их назначение – полная замена ламп накаливания и люминесцентных ламп. Основные свойства светодиодных источников света, которые в ближайшем будущем сделают их самыми экономичными, по сравнению с другими источниками света: высокая световая отдача, малые габариты, высокая долговечность, отсутствие пульсаций светового потока, возможность получения излучения различного спектрального состава, высокая степень управляемости.

В табл. 1 приведены сравнительные характеристики различных источников света [3].

Таблица 1

#### Характеристики источников света

Тип источников света	Светоотдача, лм/Вт	Срок службы, ч
Лампы накаливания	10-15	1 000
Стандартные люминесцентные лампы низкого давления (стандарт Т12)	60-80	8 000
Люминесцентные лампы низкого давления (стандарт Т8)	80-95	16 000
Сверхтонкие люминесцентные лампы низкого давления (стандарт Т5)	95-105	16 000
Компактные люминесцентные лампы низкого давления	60-70	9 000
Светодиодные лампы	До 200	До 50 000

В пояснительной записке к проекту государственной программы "Энергосбережение в РФ на 2010-2020 гг." потенциал энергосбережения в бюджетной сфере определён в размере 38 % от существующего уровня потребления. Основной исходной информацией для определения потенциала экономии были использованы балансы расхода электрической энергии в ОУ, которые были построены по результатам энергетического обследования.

Потенциалы годовой экономии электрической энергии в системах освещения ОУ и сроки окупаемости мероприятий по реконструкции системы освещения с учётом технических характеристик ламп (табл. 1), рассчитанные с учётом требований [4], приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Технико-экономические показатели мероприятий  
по реконструкции системы освещения**

№	Наименование мероприятия	Потенциал годовой экономии, %
1	Замена ЛН на КЛЛ	70-80
2	Замена ЛЛ стандарта Т12 на ЛЛ стандарта Т8	15-20
3	Замена ЛЛ стандарта Т12 на ЛЛ стандарта Т8 и электромагнитных ПРА на электронные	35-40
4	Замена светильников с ЛЛ стандарта Т12 на светильники с ЛЛ стандарта Т5	35-40
5	Замена светильников с ЛЛ стандарта Т12 на светодиодные светильники с $H = 150 \text{ лм/Вт}$	65-75

В процессе энергоаудитов были определены величины среднего потребления электрической энергии различными ОУ (табл. 3) по направлениям использования, в том числе для системы освещения с лампами накаливания и газоразрядными лампами [1, 2].

Таблица 3

**Среднее потребление электрической энергии различными ОУ**

Вид ОУ	Количество ОУ	Среднее потребление одним ОУ, тыс. кВт·ч	
		ЛН	ЛЛ
ДОУ	45100	12,917	6,736
ООУ	48800	10,735	18,685
НПО и СПО	4942	28,000	141,000
ВПО	653	548,410	629,350

Исходя из величин среднего потребления электрической энергии различными ОУ, для минимального потенциала годовой экономии при реконструкции системы освещения была рассчитана возможная экономия электрической энергии. В табл. 4, 5 приведены данные по экономии электрической энергии при замене ламп в среднем для одного ОУ и по стране в целом.

**Экономия электрической энергии при замене ламп в среднем для одного ОУ**

№	Наименование мероприятия	Экономия электрической энергии по видам ОУ, тыс. кВт·ч			
		ДОУ	ООУ	НПО, СПО	ВПО
1	Замена ЛН на КЛЛ	9,0	7,5	19,6	383,9
2	Замена ЛЛ стандарта Т12 на ЛЛ стандарта Т8	1,0	2,8	21,2	94,4
3	Замена ЛЛ стандарта Т12 на ЛЛ стандарта Т8 и электромагнитных ПРА на электронные	2,4	6,5	49,4	220,3
4	Замена светильников с ЛЛ стандарта Т12 на светильники с ЛЛ стандарта Т5	4	9,3	70,5	314,7
5	Замена светильников с ЛЛ стандарта Т12 на светодиодные светильники с $H = 150 \text{ лм/Вт}$	4,4	12,1	91,7	409,1

**Экономия электрической энергии при замене ламп в среднем по стране**

№	Наименование мероприятия	Экономия электрической энергии по видам ОУ, млн кВт·ч			
		ДОУ	ООУ	НПО, СПО	ВПО
1	Замена ЛН на КЛЛ	407,7	366,7	96,9	250,7
2	Замена ЛЛ стандарта Т12 на ЛЛ стандарта Т8	45,6	136,8	104,5	61,6
3	Замена ЛЛ стандарта Т12 на ЛЛ стандарта Т8 и электромагнитных ПРА на электронные	106,3	319,1	243,9	143,8
4	Замена светильников с ЛЛ стандарта Т12 на светильники с ЛЛ стандарта Т5	151,9	455,9	348,4	205,5
5	Замена светильников с ЛЛ стандарта Т12 на светодиодные светильники с $H = 150 \text{ лм/Вт}$	197,4	592,7	452,9	267,1

Как следует из табл. 5, реконструкция системы освещения в ОУ России позволит снизить потребление электрической энергии в системах освещения ОУ на 60-70 % и получить годовую экономию электрической энергии в размере до 2,6 млрд кВт·ч.

Сжигание топлива – не только основной источник энергии, но и важнейший поставщик в природную среду загрязняющих веществ. Высокое содержание в атмосферном воздухе различных загрязнителей неблагоприятно сказывается на всем комплексе живой природы. Отрицательное влияние загрязнения атмосферы выражается в ухудшении здоровья людей и животных, снижении урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животных. Воздействию вредных веществ подвержены лесные угодья. Загрязнение атмосферы влияет на коррозионные процессы строительных конструкций, ускорение износа зданий и оборудования.

В процессе сжигания топлива (уголь, мазут, газ) образуются СО, СО<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, пыль. Оксиды азота и серы разрушают хлорофилл растений, повреждают листья и хвою. По данным Всемирной организации здравоохранения, при концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе 0,08 мг/м<sup>3</sup> ощущается дискомфорт у людей. При дальнейшем увеличении содержания серы до 0,25-0,5 мг/м<sup>3</sup> наблюдается ухудшение состояния больных с легочными заболе-

ваниями. Поступающий в атмосферу триоксид серы, взаимодействуя с влагой воздуха, образует серную кислоту. Диоксид азота оказывает раздражающее действие на дыхательные пути и слизистую оболочку глаза. Оксиды азота, поглощая естественную солнечную радиацию, снижают прозрачность атмосферы и способствуют образованию фотохимического смога. Оксид углерода изменяет состав крови (вытесняет молекулы кислорода в гемоглобине), приводит к нарушению нервной деятельности. В выбросах угольных ТЭС содержатся также окислы кремния и алюминия. Эти абразивные материалы способны разрушать легочную ткань и вызывать такое заболевание, как силикоз.

Предельно допустимые концентрации приняты согласно ГН 2.1.6.1338-03 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест" (табл. 6).

Таблица 6

**Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ  
в атмосферном воздухе населённых мест**

Наименование вещества	Формула	Величина ПДК (мг/м <sup>3</sup> )		Класс опасности
		максимально разовая	средне-суточная	
Азота диоксид	NO <sub>2</sub>	0,2	0,04	2
Азот (II) оксид	NO	0,4	0,06	3
Сера диоксид	SO <sub>2</sub>	0,5	0,05	3
Углерод	C	0,15	0,05	3
Углерод оксид	CO	5	3	4

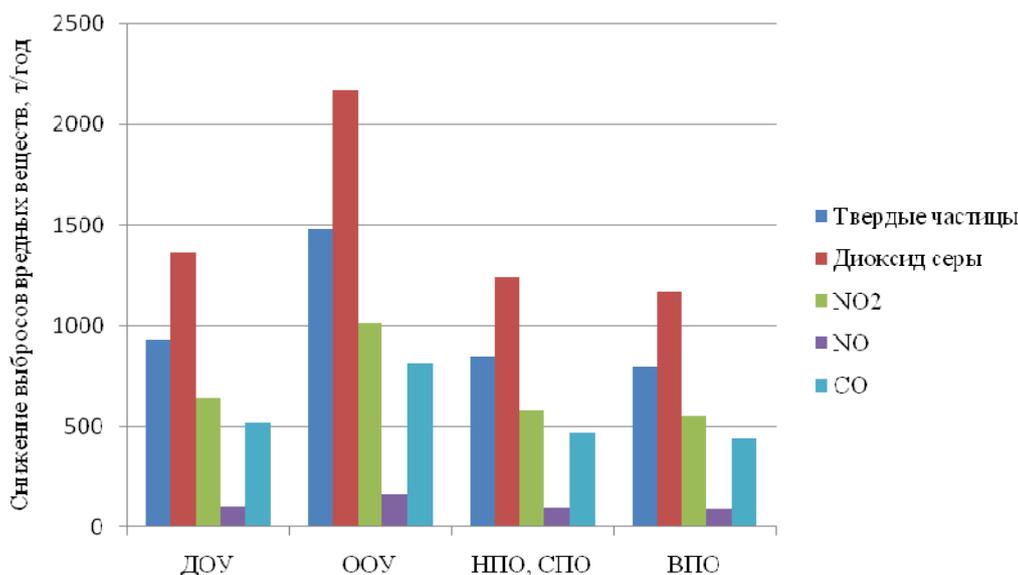
Для экологической оценки результата реконструкции системы освещения были проведены расчёты сокращения загрязнения атмосферного воздуха выбросами, образующимися при сжигании органического топлива, и парниковых газов с учётом экономии электрической энергии по видам ОУ. Расчёт был выполнен для максимальной величины экономии электрической энергии, которая может быть получена при замене ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы и замене светильников с люминесцентными лампами стандарта Т12 на светодиодные светильники.

В табл. 7 приведены средние значения удельных выбросов вредных веществ, образующих в процессе сжигания топлива на ТЭС. Исходя из экономии электрической энергии (табл. 5), были рассчитаны величины снижения выбросов вредных веществ по видам ОУ для 5 вредных веществ. Результаты расчётов показаны на рис. 1.

Таблица 7

**Удельные выбросы вредных веществ, образующих в процессе сжигания топлива**

Вредные вещества	Удельные выбросы, г/кВт ч
Твердые частицы	1,54
Диоксид серы	2,26
NO <sub>2</sub>	1,06
NO	0,17
CO	0,85



**Рис. 1.** Снижение выбросов вредных веществ после проведения мероприятий по энергосбережению системы освещения в ОУ

Для выполнения Закона "О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата" в России необходима максимально разумная политика в области энергоэффективности. Проведение модернизации системы освещения приводит к снижению уровня эмиссии парниковых газов. К парниковым газам относятся углекислый газ, закись азота, метан.

При оценке эмиссий парниковых газов использовались "Пересмотренные руководящие принципы проведения национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 1996 года". В результате инвентаризации парниковых газов в Нижегородской области были получены средние удельные показатели образования парниковых газов при производстве одного *кВт·ч* электроэнергии (табл. 8). Парниковые газы по степени своего воздействия неодинаковы, поэтому для подсчёта их влияния на атмосферу введён специальный коэффициент – **потенциал глобального потепления**, значения которого также представлены в табл. 8. Потенциал глобального потепления – это параметр, численно определяющий радиационное (разогревающее) воздействие молекулы определенного парникового газа относительно молекулы CO<sub>2</sub>.

Таблица 8

**Средние удельные показатели образования парниковых газов при производстве электроэнергии и потенциал глобального потепления**

Параметр	Углекислый газ	Закись азота	Метан
Коэффициент эмиссии, <i>г/кВт·ч</i>	700	0,0051	0,0334
Потенциал глобального потепления	1	310	21

Расчёты были выполнены для углекислого газа, закиси азота, метана, также была рассчитана эмиссия парниковых газов с учётом потенциала глобального потепления [5].

## Выводы

1. Внедрение мероприятий по энергосбережению в системе освещения образовательных учреждений приведет к значительному сокращению выбросов вредных веществ и парниковых газов.

2. Основной резерв сокращения выбросов приходится на общеобразовательные учреждения.

3. Сокращение выбросов приведёт к снижению концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, а также к снижению платы за загрязнение окружающей среды.

## Литература

1. *Вагин Г.Я., Дудникова Л.В.* Исследование эффективности использования энергоносителей в образовательных учреждениях // Энергобезопасность и энергосбережение. 2010. № 6. С. 12-14.

2. *Теория* и практика энергосбережения в образовательных учреждениях: справочно-методическое пособие / Вагин Г.Я., Дудникова Л.В., Зенютин Е.А. и др. Новгород: НГТУ, НИЦЭ, 2006. 188 с.

3. *Гуляев В.А.* Обзор рынка LED // Полупроводниковая светотехника, 2010. № 5. С. 11-14.

4. *Варнавский Б.П., Колесников А.И., Фёдоров М.Н.* Энергоаудит объектов коммунального хозяйства и промышленных предприятий: учебное пособие. М.: МИКХ и С, 1998. 98 с.

5. *Маслеева О.В.* Экологические и экономические выгоды модернизации освещения образовательных учреждений // Энергоэффективность. 2011. № 3-4. С. 57-58.

Статья опубликована 12 марта 2013 г.